

УДК 005.591.6

На правах рукописи

ПОЛТАВСКАЯ ИРИНА ЮРЬЕВНА

**ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ НА БАЗЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

6N0702 – Автоматизация и управление

Автореферат магистерской диссертации
на соискание академической степени магистра

Республика Казахстан
Усть-Каменогорск
2011

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете имени Д. Серикбаева.

Научный руководитель	кандидат технических наук В.А. Корнев
Официальный оппонент	кандидат технических наук Ж.З. Жантасова

Защита состоится 24 января 2011 года в 9.00 часов на заседании ГАК по адресу: 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19, ауд. Г-Л-211, факс 8(7232)540911.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Восточно-Казахстанского государственного технического университета имени Д. Серикбаева по адресу: 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаева, 19.

Автореферат разослан «29» декабря 2011 года

Секретарь ГАК по защите
магистерских диссертаций

Т.С. Дмитриева

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Методы инструментальной диагностики находят широкое применение во многих сферах, в том числе, и в автомобильном транспорте. Учитывая бурный рост парка автомобилей, особенно в последнее время, поддержание технического состояния автомобилей на должном уровне превращается в одну из важнейших государственных проблем, так как низкая эксплуатационная надежность автомобиля приводит к повышению загрязнения окружающей среды, снижению экономичности и его социальной опасности для общества.

В связи с тем, что современный автомобиль представляет собой сложную систему, оценивать его техническое состояние субъективными методами в большинстве случаев не представляется возможным, что делает необходимым привлечение для этой цели математики, вычислительной техники и последних достижений в электронике и измерительной технике.

Одной из наиболее важных систем дизельного двигателя является топливная система. Неисправности топливной системы, и особенно топливной аппаратуры (ТА), приводят к существенному снижению ресурса двигателя, повышению расхода топлива и повышению его экологической опасности. Качество диагностирования в значительной степени оценивается точностью процесса контроля технических параметров работоспособности ТА и одним из таких методов диагностирования ТА является – амплитудно-фазовый метод, опирающийся на анализ формы диаграммы давления топлива в нагнетательном трубопроводе.

Для раннего обнаружения отказов и неисправностей агрегатов и систем автомобиля разработано достаточно много специальных методов и технических средств и продолжается их дальнейшее исследование и совершенствование. Учитывая коренные отличия, как в конструкции, так и протекании рабочих процессов карбюраторных и дизельных двигателей, методы и средства диагностирования дизельных автомобилей имеют свои принципиальные отличия. И в связи наблюдающейся тенденцией дизелезации парка автомобилей, проблема разработки эффективных средств диагностирования дизельных двигателей становится особенно актуальной.

На кафедре «Приборостроение и автоматизация технологических процессов» проводятся работы по созданию прибора для диагностики карбюраторных и дизельных автомобильных двигателей. Это требует больших функциональных возможностей измерительной схемы, статистической обработки данных, поэтому для создания такого прибора необходимо применение контроллера. В данной диссертационной работе разрабатывается прибор для диагностики топливной аппаратуры только дизельных двигателей. Разработка такого прибора не требует применение контроллера, достаточно использовать микроконтроллер. Таким образом, в данной диссертационной работе показана схема работы прибора для диагностики топливной аппаратуры дизельных двигателей с применением контроллера, а все дальнейшие разработки проводятся

с применением микроконтроллера, что позволяет делать прибор переносным и существенно снижает его стоимость.

Внедрение средств диагностики связано с дополнительными затратами с целью сокращения неоправданных затрат в сфере эксплуатации автомобиля. Степень сокращения указанных затрат определяется качеством измерительной информации: она возрастает при увеличении точности измерений. Но при этом растет стоимость контрольно-измерительного оборудования и работ по диагностированию автомобилей. Эти обстоятельства предъявляют повышенные требования к рациональному проектированию и использованию оборудования. Достигнуть максимального эффекта от диагностирования возможно путем оптимального выбора средств диагностирования по экономическим и метрологическим показателям. Наиболее важным метрологическим показателем процесса контроля является достоверность. Одной из задач данной диссертационной работы является получение способа обеспечения оптимальной достоверности диагностирования.

Целью работы является повышение качества диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Объект исследования – процесс топливоподачи дизельного двигателя.

Предметом исследования является автоматизированный контроль технического состояния дизельных двигателей на базе лазерных технологий.

Основные задачи работы:

- разработать вероятностную модель оценки и прогнозирования достоверности диагностирования топливной аппаратуры дизельного двигателя;
- разработать алгоритм измерения диагностических параметров диагностирования топливной аппаратуры дизельного двигателя;
- разработать структурно-функциональную и электрическую схемы прибора;
- проведение экспериментальных исследований;
- оптимизация метрологических показателей инструментальных средств диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Научная новизна:

- разработаны структурно-функциональная и электрическая схемы прибора;
- разработана вероятностная модель оценки и прогнозирования достоверности диагностирования;
- модель оптимизации метрологических показателей инструментальных средств диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей.

На защиту выносятся:

- вероятностная модель оценки и прогнозирования достоверности диагностирования топливной аппаратуры дизельного двигателя;
- алгоритм измерения диагностических параметров дизельного двигателя;

- структурно-функциональная и электрическая схемы прибора;
- модель оптимизации метрологических показателей инструментальных средств диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Практическая значимость: при внедрении данного прибора ожидается получение достоверной информации о состоянии топливной аппаратуры дизельных двигателей. При своевременном техническом обслуживании последует снижение неисправностей топливной аппаратуры дизельных двигателей, что продлевает срок службы двигателей и приводит к понижению загрязнения окружающей среды.

Связь темы с планами научных работ. Работа выполнялась на основании утвержденного решением Ученого Совета ФИТЭ тематического плана НИР факультета на 2010-2011 годы.

Апробация работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры «Приборостроение и автоматизация технологических процессов» ВКГТУ им. Д. Серикбаева, на студенческой научно-практической конференции 2009, 2010 годах.

Публикации. По теме диссертации опубликованы три научных статьи.

Структура и объем диссертации. Магистерская диссертация состоит из введения, 4 разделов и заключения. Она изложена на 98 страницах и содержит 39 рисунков, 15 таблиц и список использованных источников из 17 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается общая характеристика работы и обосновывается ее актуальность.

В первом разделе «Аналитический обзор состояния разрабатываемой темы» проведен анализ современного состояния топливной аппаратуры дизельных двигателей, а также рассмотрены существующие методы диагностирования.

Обзор показал, что наиболее актуальной проблемой является качественное и своевременное диагностирование топливной аппаратуры дизельных двигателей. Рассмотрены существующие первичные преобразователи, обеспечивающие высокую точность диагностирования.

Исходя из результатов анализа было определено направление исследований, поставлена цель и сформулированы задачи работы, также обоснована их новизна и практическая значимость.

Во втором разделе «Моделирование качества процесса контроля диагностических параметров» получена целевая функция оптимизации точностных характеристик контроля угла опережения подачи топлива. Оптимизация диагностирования достигается путем минимизации суммы затрат на диагностическую систему (т.е. затрат на приобретение и эксплуатацию оборудования) и потерь за тот же период в функции

достоверности диагностирования. Окончательный вид целевой функции оптимизации точностных характеристик контроля угла опережения подачи топлива определяется формулой:

$$C_{\Sigma} = C_m \left[\sum_{i=1}^n P_{ino} \cdot Q_{cp} \cdot g(\varphi_i) + \sum_{j=1}^k P_{jf} \cdot g(\varphi_j) \right] + \frac{L_z \cdot P_{ло} (C_{na} + C_{zn})}{L_g \cdot G_z} \cdot t_{\kappa}(\Delta) + \frac{C_0 \delta^{-\alpha} + a_0}{N \cdot G_z} \rightarrow \min \quad (1)$$

где N – мощность предприятия;

$P_{но}$ – вероятность необнаруженного отказа;

$P_{ло}$ – вероятность ложного отказа;

P_{if} – вероятность i -того значения угла;

C_T – стоимость топлива.

Для оценки качества измерительной информации используется достоверность, которая является основной характеристикой качества диагностирования.

Достоверность диагностирования зависит от погрешности измерения, ширины поля допуска на диагностируемый параметр и коэффициента вариации. Основными факторами, влияющими на достоверность, являются появление ложного и необнаруженного отказов. В данной работе была рассчитана модель вероятности появления ложного и необнаруженного отказов.

Аналитическая модель достоверности процесса контроля в системах диагностики дизельных двигателей определяется формулой:

$$D = 1 - \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{S_{i+1}}{S_i} \int e^{-\frac{t^2}{2}} dt \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{S_g - S_i}^{+\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{S_{i+1}}{S_i} \int e^{-\frac{t^2}{2}} dt \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{S_i - S_g}^{+\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \right) \quad (2)$$

где S_i – текущее значение диагностического параметра;

S_g – верхнее ограничение поля допуска диагностического параметра.

В третьем разделе «Лабораторные исследования» разработан метод цифрового измерения диагностических параметров, а также составлен алгоритм измерения применительно к микроконтроллеру AT90S8535.

Измерение параметров диагностирования базируется на амплитудно-фазовом методе. Диагностирование производится путем измерения наиболее важных параметров состояния системы топливоподачи:

1. угла опережения впрыска топлива;
2. длительности впрыска;
3. максимального давления впрыска;
4. количества оборотов при минимальной (холостой ход) и максимальной частоте вращения коленчатого вала.

На диаграмме процесса цифрового измерения угла опережения подачи топлива (рисунок 1) условно изображен процесс впрыска топлива (диаграмма

А), положения поршня первого цилиндра в ВМТ (диаграмма В), импульс на выходе триггера с момента начала подачи топлива до момента положения поршня первого цилиндра в ВМТ (диаграмма С), импульсы с задающего генератора в момент установки триггера в единичное состояние (диаграмма Д).

Одновременно с этим разрабатывались и исследовались методы генерирования сигналов фазовых отметок процесса топливоподачи. Анализ исследования различных датчиков ВМТ показал, что в качестве легкоъемных датчиков могут быть использованы фотоэлектрический и емкостной.

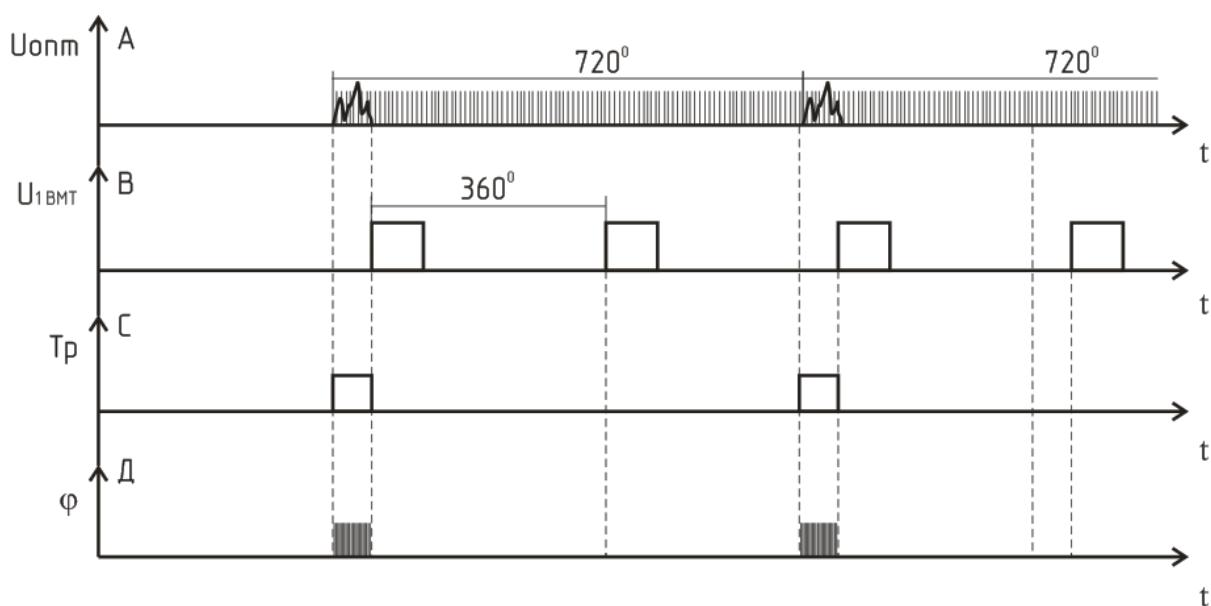


Рисунок 1 – Диаграмма процесса цифрового измерения угла опережения подачи топлива

Алгоритм работы прибора основан на деформации топливопровода высокого давления в момент впрыска топлива форсункой в цилиндр. Диаметр топливопровода увеличивается неравномерно в пределах 1мкм, исходя из этого, луч излучателя, попадая на отражатель, с известным углом отражения, при расширении топливопровода будет менять угол отражения соответственно изменению диаметра топливопровода. Таким образом, была разработана схема измерения поперечной геометрии топливопровода высокого давления (рисунок 2). Преломленный лазерный луч, пройдя схему оптической передачи и преломления, преобразует изменение поперечной геометрии 1 мкм в сфокусированный луч, с максимальным отклонением в пиковом расширении равным 3мм, изменит положения луча, которое воспринимает фотодетектор PSD, активная поверхность которого функционирует как очень однородное сопротивление.

Исходя из вышеизложенного была разработана структурно-функциональная и электрическая схемы цифрового дизель-тестера. Блок-схема разрабатываемого прибора приведена на рисунке 3.

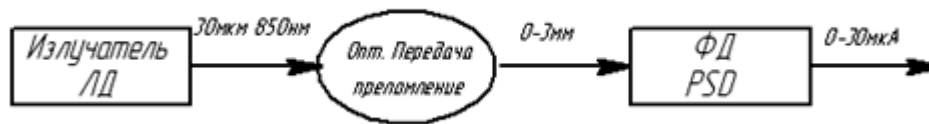


Рисунок 2 – Схема измерения поперечной геометрии топливопровода высокого давления

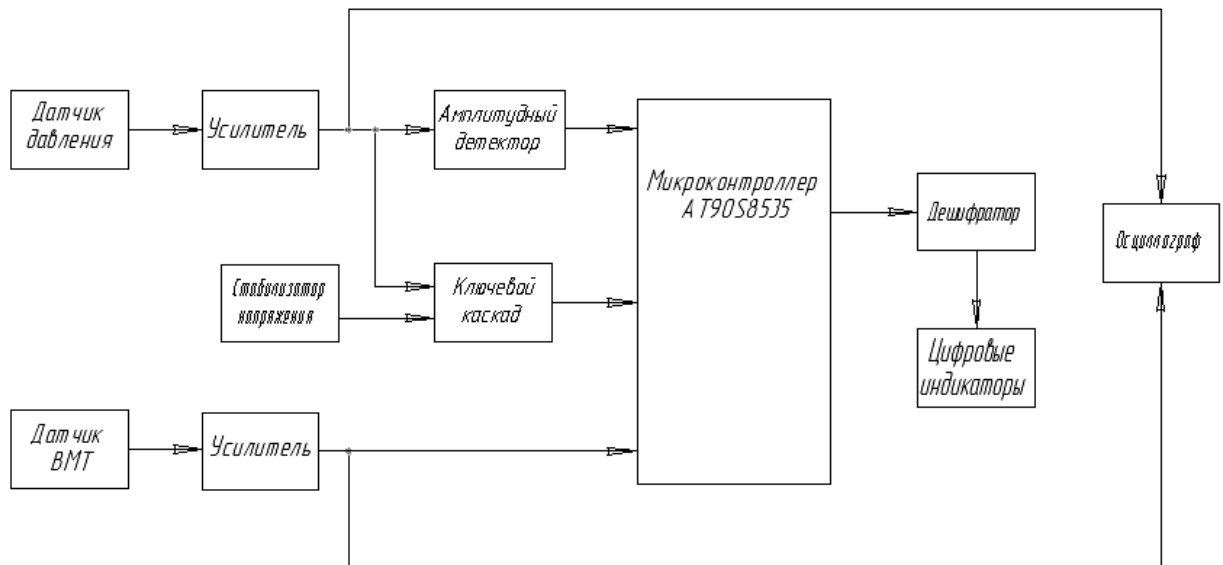


Рисунок 3 – Блок-схема цифрового дизель-тестера

С целью более глубокого исследования были произведены специальные экспериментальные исследования.

Для реализации эксперимента была отобрана случайная выборка форсунок в количестве 50 штук различного технического состояния. У каждой форсунки регулировалось начало впрыска топлива в пределах 14,0 – 20,0 МПа по прибору КП-1609 с манометром класса точности 0,2 и измеряли давление P_{\max} на стенде «Mirküs», изменяя обороты кулачкового вала насоса.

По данным статистического анализа можно сделать заключение, что максимальное давление находится в очень тесной статистической связи с параметром $P_{\text{фо}}$. Степень зависимости линейная и близка к функциональной, что следует из величины ошибок δ и Т-критерия. Отсюда следует, что на данном принципе можно строить измеритель $P_{\text{фо}}$ по P_{\max} путем его тарировки по прибору КП-1609. Наилучшим режимом измерения, на котором методическая погрешность имеет наименьшее значение, следует считать $16,6 \text{ сек}^{-1}$ (1000 об/мин) коленчатого вала, где значение $\rho = 0,97$.

В четвертом разделе «Оценка технико-экономических показателей дизель-тестера в эксплуатационных условиях» проведены эксплуатационные исследования в условиях Восточно-Казахстанской области в автомобильно-испытательном центре «ЭТОРА» ВКГТУ. Для

исследовательских целей при оценке фазовых параметров использовался цифровой способ измерения на базе прибора, описанного в предыдущей главе.

Анализ принципиальной схемы дизель-тестера показывает, что измеритель опережения подачи топлива является базой для реализации измерения длительности подачи топлива, давления начала подачи и максимального давления топлива, а также минимальной и максимальной частоты вращения коленчатого вала, т.к. используют одни и те же датчики, формирователи, регистраторы и другие функциональные узлы измерительного тракта. Поэтому погрешность измерения перечисленных параметров определяется погрешностью измерения угла опережения подачи топлива. Экспериментальная проверка подтвердила данные выводы.

Также был разработан алгоритм диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей, представленный на рисунке 4.

Производственные испытания дизель-тестера проводились в автомобильно-испытательном центре «ЭТОРА» ВКГТУ. Цель испытаний состояла в оценке эффективности использования дизель-тестера.

Для определения эффективности использования дизель-тестера регистрировались такие эксплуатационные показатели, как грузооборот, расход топлива на единицу автотранспортной работы (ткм), трудоемкость ТО и ТР. Данные показатели сравнивались за одинаковые периоды до внедрения и после внедрения диагностирования топливной аппаратуры. Длительность периодов наблюдения равна 4 месяца. По результатам производственных испытаний можно сделать вывод, что после внедрения цифрового дизель-тестера, грузооборот увеличился на 9%, а расход топлива на 100 км сократился на 4%.

Для определения эффективности внедрения средств диагностики был проведен анализ основных показателей работы до внедрения и после внедрения. Подконтрольная выборка автомобилей в автомобильно-испытательном центре «ЭТОРА» составила 110 автомобилей типа Камаз. Среднегодовой грузооборот автомобилей получен на основании эксплуатационных исследований и статистического анализа деятельности центра. Часовая ставка ремонтных рабочих, затраты на запасные части и материалы приняты по данным центра.

Из данных расчета экономической эффективности можно сделать вывод что основную долю экономии дают снижение расхода топлива и сокращение трудовых затрат на ТО и ТР топливной аппаратуры, а также сокращение простоев автомобиля. Экономическая эффективность внедрения средств диагностики составила 4682313 тенге. Анализ показателей работы центра «ЭТОРА» показывает, что вследствие внедрения диагностики ТА на базе переносного дизель-тестера, затраты на топливо сократились на 3%, трудоемкость ТО снизилась на 6,4%. Количество целодневных простоев по технической неисправности уменьшилось на 10%.

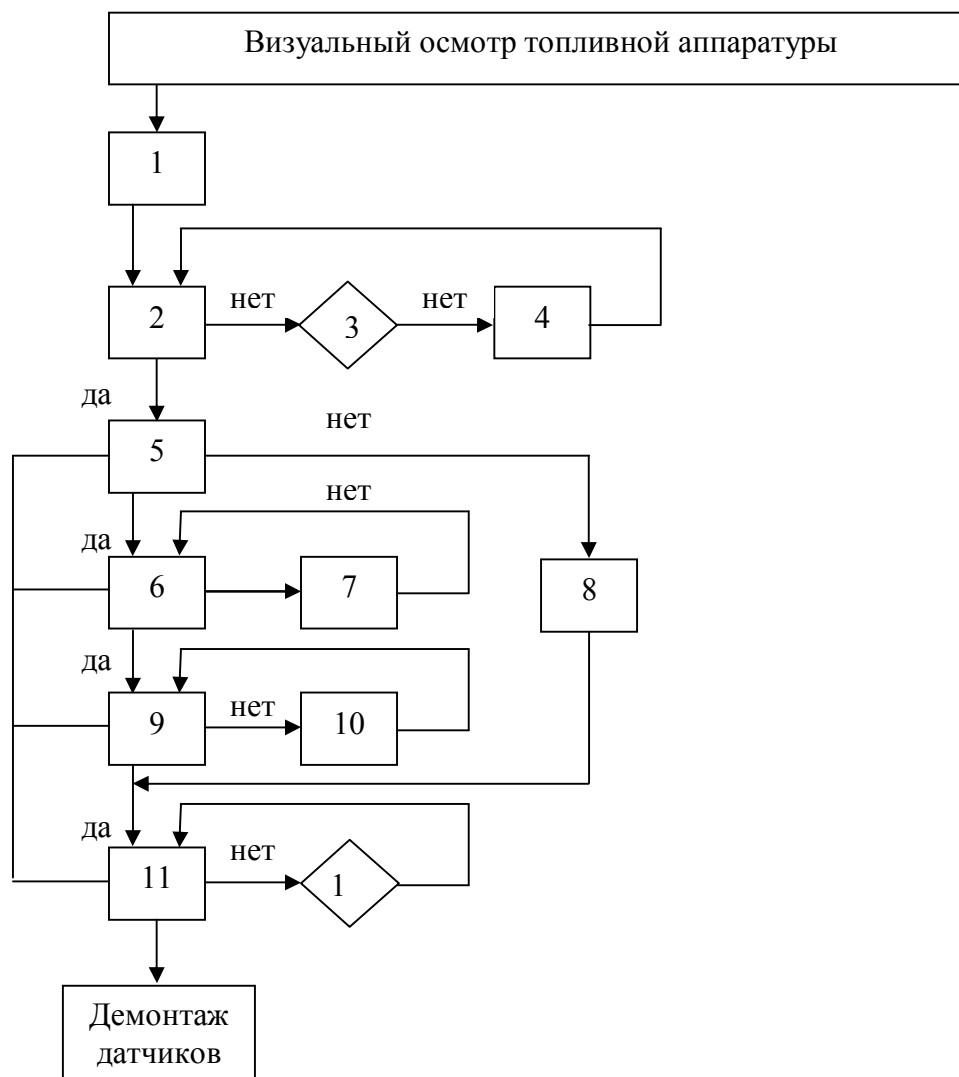


Рисунок 4 – Оптимальный алгоритм диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей

- где 1 – установка датчиков;
 2 – проверка легкости пуска, минимальных и максимальных оборотов холостого хода;
 3 – регулировка минимальных и максимальных;
 4 – ремонт и регулировка регулятора на стенде;
 5 – измерение длины подачи топлива;
 6 – измерение давления начала впрыска топлива;
 7 – регулировка форсунок на стенде;
 8 – регулировка форсунок, ТНВД на стенде и ремонтные работы;
 9 – проверка работоспособности муфты опережения впрыска;
 10 – ремонт муфты;
 11 – проверка установочного угла опережения подачи топлива;
 12 – регулировка угла установки на двигателе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертации проведен анализ современного состояния топливной аппаратуры дизельных двигателей, а также рассмотрены существующие методы диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей. Получена целевая функция оптимизации точностных характеристик контроля угла опережения подачи топлива и рассчитана модель вероятности появления ложного и необнаруженного отказов. Данные модели позволяют прогнозировать достоверность диагностирования.

Разработан метод цифрового измерения диагностических параметров, а также составлен алгоритм измерения применительно к микроконтроллеру AT90S8535. Проведены работы по разработке и исследованию методов генерирования сигналов фазовых отметок процесса топливоподачи.

Разработаны структурно-функциональная и электрическая схемы цифрового дизель-тестера. Произведен выбор технических средств.

Проведены эксплуатационные исследования в условиях Восточно-Казахстанской области в автомобильно-испытательном центре «ЭТОРА» ВКГТУ. Там же были проведены производственные испытания дизель-тестера. Из данных расчета экономической эффективности можно сделать вывод что основную долю экономии дают снижение расхода топлива и сокращение трудовых затрат на ТО и ТР топливной аппаратуры, а также сокращение простоев автомобиля.

Оценка полноты решений поставленных задач. Поставленная цель работы достигнута, задачи решены полностью. Использование прибора для диагностики топливной аппаратуры дизельных двигателей позволит своевременно и качественно установить причину неполадок работы двигателя. При регулярной диагностике и последующем оперативном техническом обслуживании, возможно существенно сократить затраты на топливо и трудоемкость ТО.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Полтавская И.Ю., Корнев В.А., Порубов Д.А. Автоматизация процесса диагностирования дизельных двигателей большой грузоподъемностью // Сборник трудов I Международной конференции молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники», Уфа, 2009 г.

2. Полтавская И.Ю., Порубов Д.А. Метод цифрового измерения максимального давления топлива в системе топливоподачи дизельного двигателя // X Республиканская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Усть-Каменогорск, 2010 г.

3. Полтавская И.Ю., Корнев В.А., Порубов Д.А. Повышение точности измерения параметров топливоподачи дизельного двигателя в строительно-дорожных машинах // Международная научно-практическая конференция «Инновации в транспортном комплексе. Безопасность движения. Охрана окружающей среды», Пермь, 2010 г.

АННОТАЦИЯ

Тема диссертации – инновационный метод автоматизированного контроля технического состояния дизельных двигателей на базе лазерных технологий.

Ключевые слова: топливная аппаратура, дизельный двигатель, диагностирование, впрыск, угол опережения подачи топлива.

Актуальность работы.

Методы инструментальной диагностики находят широкое применение во многих сферах, в том числе, и в автомобильном транспорте. Учитывая бурный рост парка автомобилей, особенно в последнее время, поддержание технического состояния автомобилей на должном уровне превращается в одну из важнейших государственных проблем, так как низкая эксплуатационная надежность автомобиля приводит к повышению загрязнения окружающей среды, снижению экономичности и его социальной опасности для общества.

Целью работы является повышение качества диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Объект исследования – процесс топливоподачи дизельного двигателя.

Предметом исследования является автоматизированный контроль технического состояния дизельных двигателей на базе лазерных технологий.

Научная новизна:

– разработаны структурно-функциональная и электрическая схемы прибора;

– разработана вероятностная модель оценки и прогнозирования достоверности диагностирования;

– модель оптимизации метрологических показателей инструментальных средств диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Практическая значимость: при внедрении данного прибора ожидается получение достоверной информации о состоянии топливной аппаратуры дизельных двигателей. При своевременном техническом обслуживании последует снижение неисправностей топливной аппаратуры дизельных двигателей, что продлевает срок службы двигателей и приводит к понижению загрязнения окружающей среды.

Магистерская диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка литературы из 17 наименований. Количество иллюстраций – 39, таблиц – 15. Общий объем 98 страниц и 3 схемы.

ТҮЙІНДЕМЕ

Магистрлік диссертация тақырыбы – лазер технологияларының негізінде дизель қозғалтқыштарының техникалық қалыптағы автоматты бақылауының инновациялық әдісі.

Түйінді сөздер: жанармай аппаратура, дизель қозғалтқыш, диагностикалау, бүрку, жанармай бүркудың озу бұрышы.

Нәселенің өзектілігі.

Диагностика көп салаларда қажет, олардың ішінде автомобиль көлігі. Соңғы кездері автомобильдердің саны өсіп барады. Автомобильдің төмен қанаулық сенімділігі қоршаған ортаның ластануының өсуіне, автомобильді үнемсіздеу болуға және әлеуметтік қауыптылығына әкеледі. Сол себепті автокөліктің дұрыс техникалық қалыпын сақтау өте маңызды мемлекеттік мақсаттарының қатарына жатады.

Жұмыстың мақсаты – дизель қозғалтқышының жанармай аппаратурасын диагностикалау сапасын арттыру.

Зерттеудің объектісі – дизель қозғалтқышының жанармай аппаратурасы.

Зерттеудің пәні лазер технологияларының негізінде дизель қозғалтқыштарының техникалық қалыптағы автоматты бақылау болып тобылады.

Жұмыстың ғылыми жаналығы:

– аспаптық құрылымдық-функционалдық және электрлік сызбасын әзірлеу;

– болжаудық анықтығын бағалау және алдын ала болжап білудің мүмкін болатын үлгісін әзірлеу;

– дизель қозғалтқыштарының жанармай аппаратурасын болжау құралдарының метрологиялық көрсеткіштерің оқтаймандыру жүргізінді.

Іс-тәжірибелік маңызы: осы аспапты енгізу арқылы дизель қозғалтқыштары жанармай аспабының жағдайы туралы анық ақпарат алу күтіледі. Дер кезілік техникалық қызмет көрсетуде қозғалтқыштар қызметінің мерзімін ұзартатын және қоршаған ортаның ластануын томендететін дизель қозғалтқыштары жанармай аппаратурасың бүлінуін азайтады.

Магистрлік диссертация кіріспеден, 4 тараудан, қорытындыдан, 17 пайдаланған әдебиеттің атаудан қурылған тізіміден тұрады. Суреттердің саны – 39, кестелердің саны – 15. Жалпы көлемі 98 бет және 3 сұлба.

SUMMARY

The theme of master's thesis is innovative method of automated control of diesel engines technical state on the basis of laser technology.

Key words are fuel system, diesel engine, diagnosis, injection, fuel injection lead angle.

Topicality.

Diagnostic techniques find application in many spheres, including motor transport. To maintain diesel engines technical state up to standard is the most important state problem, as low serviceability led to increasing environmental pollution, decreasing efficiency and represents social danger.

Research aim is increasing diagnosis quality of diesel engines fuel system.

Object of the thesis is diesel engines fuel system.

Subject of research is automated control of diesel engines technical state on the basis of laser technology.

Scientific novelty:

- device's structure functional and electric schemes were working up;
- probabilistic model of estimate and diagnosis trustworthiness prognostication was working up;
- metrological indicators optimization of diesel engines fuel system diagnosis tools.

Practical significance: It is expected that implementation of device will allow getting reliable information about diesel engines fuel system state. And with timely maintenance work, malfunctions of diesel engines fuel system will be decreased. All this prolong engine life and decrease environment pollution.

Master's thesis includes introduction, four chapters, conclusion, list of literature with 17 names. Total volume of thesis is ninety eight pages and three schemes. Quality of pictures is thirty nine, tables – fifteen.